

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月25日
Date of Application:

出願番号 特願2003-083176
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-083176]

出願人 富士写真フイルム株式会社
Applicant(s):

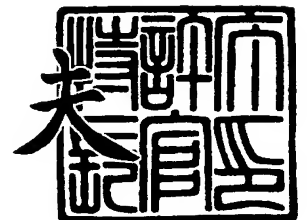
Tomoo SATOH
ULTRASONIC IMAGING APPARATUS AND....
March 22, 2004
Alan J. Kasper
(202) 293-7060
Q80558
1 of 1



2003年 9月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2003-3072071

【書類名】 特許願

【整理番号】 502073

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61B 8/00
G01H 9/00
G01S 15/02

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 佐藤 智夫

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100100413

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡部 温

【選任した代理人】

【識別番号】 100110777

【弁理士】

【氏名又は名称】 宇都宮 正明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 033189

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9909552

【包括委任状番号】 0000020

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【整理番号】 502073

【発明の名称】 超音波撮像装置及び超音波撮像方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 超音波撮像装置であって、

複数の駆動信号に従ってそれぞれ動作する複数の超音波トランスデューサによって超音波ビームを形成して被検体に送信すると共に、被検体から反射される超音波エコーを受信する超音波用探触子と、

前記超音波用探触子に供給される複数の駆動信号に遅延を与えることにより、前記超音波用探触子から送信される超音波ビームによって、設定された走査線密度で被検体を走査させる送信側信号処理手段と、

超音波エコーの受信によって得られる複数の検出信号を処理することにより、複数の走査線に沿った超音波情報をそれぞれ表す複数の検出信号を得る受信側信号処理手段と、

前記受信側信号処理手段によって得られた複数の検出信号に基づいて、被検体内に存在する媒質の境界の連続性を判定する判定手段と、

前記送信側信号処理手段に対し、第 1 の走査線密度を設定した後に、前記判定手段の判定結果に応じて、第 1 の走査線密度よりも高い第 2 の走査線密度を設定する制御手段と、

を具備する超音波撮像装置。

【請求項 2】 前記判定手段が、所定の走査領域を第 1 の走査線密度で走査することによって得られた複数の検出信号に基づいて媒質の境界の連続性を判定することにより、該境界の不連続領域を検出し、

前記制御手段が、前記判定手段によって検出された境界の不連続領域を第 1 の走査線密度よりも高い第 2 の走査線密度で走査するように前記送信側信号処理手段を制御する、請求項 1 記載の超音波撮像装置。

【請求項 3】 前記制御手段が、所定の走査領域を第 1 の走査線密度で走査した後に、前記判定手段によって検出された境界の不連続領域を第 1 の走査線密度よりも高い第 2 の走査線密度で走査するように前記送信側信号処理手段を制御

する、請求項 2 記載の超音波撮像装置。

【請求項 4】 前記制御手段が、前記判定手段によって境界の不連続領域が検出されたときに、残りの走査領域よりも先に該境界の不連続領域を第 1 の走査線密度よりも高い第 2 の走査線密度で走査するように前記送信側信号処理手段を制御する、請求項 2 記載の超音波撮像装置。

【請求項 5】 前記判定手段が、複数の走査線に関する複数の検出信号の各々において、時間軸上の位置における該検出信号の振幅の変化率が所定の値より大きい場合に、その時間軸上の位置に媒質の境界が存在すると判断し、第 1 の検出信号において媒質の境界が存在すると判断された時間軸上の位置が、隣接する走査線に関する第 2 の検出信号において媒質の境界が存在すると判断された時間軸上の位置を基準とする所定の期間内に含まれる場合に、第 1 の検出信号と第 2 の検出信号とにおいて媒質の境界が連続すると判定する、請求項 1～4 のいずれか 1 項記載の超音波撮像装置。

【請求項 6】 少なくとも第 1 及び第 2 の走査線に関する第 1 及び第 2 の検出信号を用いて、第 3 の走査線において媒質の境界が存在する位置を予測するための演算を行う演算手段をさらに具備し、

前記判定手段が、前記演算手段によって予測された位置に基づいて、第 2 の走査線における媒質の境界と第 3 の走査線における媒質の境界とが連続するか否かを判定する、

請求項 1～5 のいずれか 1 項記載の超音波撮像装置。

【請求項 7】 前記制御手段が、所定の走査領域を第 1 の走査線密度で走査し、前記判定手段によって検出された境界の不連続領域を第 1 の走査線密度よりも高い第 2 の走査線密度で走査することによって事前撮像を行い、該事前撮像によって得られた複数の走査線に関する検出信号に基づいて本格的な撮像を行うように、前記送信側信号処理手段を制御する、請求項 2～6 のいずれか 1 項記載の超音波撮像装置。

【請求項 8】 事前撮像により得られた検出信号に基づいて、異なる複数の反射源にそれぞれ反射されて生じた複数の超音波エコーが前記超音波用探触子に受信される際に互いに干渉するような反射源が存在するか否かを判定する第 2 の

判定手段をさらに具備し、

前記制御手段が、前記第2の判定手段の判定結果に基づいて、所定の期間内に複数の方向にそれぞれ送信される複数の超音波ビームの送信タイミングを含む走査条件を設定し、

前記送信側信号処理手段が、前記制御手段によって設定された走査条件に従って、前記超音波用探触子に供給される複数の駆動信号に遅延を与えることにより、前記超音波用探触子から複数の超音波ビームを送信することによって被検体の複数の領域をそれぞれ走査させる、

請求項7記載の超音波撮像装置。

【請求項9】 複数の駆動信号に従ってそれぞれ動作する複数の超音波トランスデューサによって超音波ビームを形成して被検体に送信すると共に、被検体から反射される超音波エコーを受信する超音波用探触子を用いて、被検体を撮像する超音波撮像方法であって、

前記超音波用探触子に供給される複数の駆動信号に遅延を与えることにより、前記超音波用探触子から送信される超音波ビームによって第1の走査線密度で被検体を走査するステップ(a)と、

超音波エコーの受信によって得られる複数の検出信号を処理することにより、複数の走査線に沿った超音波情報をそれぞれ表す複数の検出信号を得るステップ(b)と、

ステップ(b)において得られた複数の検出信号に基づいて、被検体内に存在する媒質の境界の連続性を判定するステップ(c)と、

ステップ(c)における判定結果に応じて、走査線の密度を第1の走査線密度よりも高い第2の走査線密度に変更して被検体を走査するステップ(d)と、を具備する超音波撮像方法。

【請求項10】 ステップ(c)が、ステップ(b)において得られた複数の検出信号の各々において、1つの時間軸上の位置における該検出信号の振幅の変化率が、所定の値より大きい場合に、その時間軸上の位置に媒質の境界が存在すると判断し、第1の検出信号において媒質の境界が存在すると判断された時間軸上の位置が、隣接する走査線に関する第2の検出信号において媒質の境界が存

在すると判断された時間軸上の位置を基準とする所定の期間内に含まれる場合に、第 1 の検出信号と第 2 の検出信号とにおいて媒質の境界が連続すると判定することを含み、請求項 9 記載の超音波撮像方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波を送受信することにより生体内臓器の診断や非破壊検査を行うために用いられる超音波撮像装置及び超音波撮像方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

医療分野においては、被検体の内部を観察して診断を行うために、様々な画像技術が開発されている。その中でも、超音波を送受信することによって被検体の内部情報を取得する超音波撮像は、X線写真や R I (radio isotope) シンチレーションカメラ等の他の医用画像技術と異なり、放射線による被曝がない。そのため、超音波撮像は、安全性の高い画像技術として、産科領域における胎児診断、婦人科系、循環器系、消化器系等を含む幅広い領域において利用されている。

【0 0 0 3】

また、超音波撮像においては、上記の X線写真等の画像技術と異なり、探触子を用いて取得された超音波情報をディスプレイ装置にリアルタイムに表示することが可能である。そのため、例えば、循環器系のように、様子が刻々と変化する臓器を観察する等の場合に特に有利である。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、超音波撮像においては、臓器等の観察を行っている間に、被検体である患者は拘束されているため、患者の身体的負担は大きい。そこで、高速に超音波撮像を行うために走査間隔を一律に粗くすると、診断に必要な詳細な情報が漏れてしまう恐れがある。そのため、診断に必要な情報を取得しつつ、全体として被検体を高速に超音波撮像することができる装置や方法の開発が望まれている。

そこで、上記の点に鑑み、本発明は、必要な情報を取得しつつ、被検体を高速に走査することができる超音波撮像装置及び超音波撮像方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、本発明に係る超音波撮像装置は、複数の駆動信号に従ってそれぞれ動作する複数の超音波トランスデューサによって超音波ビームを形成して被検体に送信すると共に、被検体から反射される超音波エコーを受信する超音波用探触子と、該超音波用探触子に供給される複数の駆動信号に遅延を与えることにより、超音波用探触子から送信される超音波ビームによって、設定された走査線密度で被検体を走査させる送信側信号処理手段と、超音波エコーの受信によって得られる複数の検出信号を処理することにより、複数の走査線に沿った超音波情報をそれぞれ表す複数の検出信号を得る受信側信号処理手段と、該受信側信号処理手段によって得られた複数の検出信号に基づいて、被検体内に存在する媒質の境界の連続性を判定する判定手段と、送信側信号処理手段に対し、第 1 の走査線密度を設定した後に、判定手段の判定結果に応じて、第 1 の走査線密度よりも高い第 2 の走査線密度を設定する制御手段とを具備する。

【 0 0 0 6 】

また、本発明に係る超音波撮像方法は、複数の駆動信号に従ってそれぞれ動作する複数の超音波トランスデューサによって超音波ビームを形成して被検体に送信すると共に、被検体から反射される超音波エコーを受信する超音波用探触子を用いて、被検体を撮像する超音波撮像方法であって、超音波用探触子に供給される複数の駆動信号に遅延を与えることにより、超音波用探触子から送信される超音波ビームによって第 1 の走査線密度で被検体を走査するステップ（a）と、超音波エコーの受信によって得られる複数の検出信号を処理することにより、複数の走査線に沿った超音波情報をそれぞれ表す複数の検出信号を得るステップ（b）と、ステップ（b）において得られた複数の検出信号に基づいて、被検体内に存在する媒質の境界の連続性を判定するステップ（c）と、ステップ（c）における判定結果に応じて、走査線の密度を第 1 の走査線密度よりも高い第 2 の走査

線密度に変更して被検体を走査するステップ（d）とを具備する。

【0007】

本発明によれば、検出された媒質の境界の連続性に応じて走査線密度をアダプティブに変更するので、重要な情報が含まれる領域について詳細な超音波情報を取得しつつ、走査領域の全体を高速に走査できる。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

図1は、本発明の第1の実施形態に係る超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。この超音波撮像装置は、例えば、人体等の診察用の超音波診断装置や工業用の探傷装置として用いられる。

【0009】

図1に示すように、この超音波撮像装置は、被検体に当接させて用いられる超音波用探触子10を含んでいる。超音波用探触子10は、2次元状（ $N \times N$ ）に配置されて2次元トランスデューサアレイを構成する複数（ N^2 個）の超音波トランスデューサ10aを備えている。各超音波トランスデューサ10aは、入力される駆動信号に基づいて超音波を発生すると共に、被検体から反射されて生じた超音波エコーを受信して検出信号を出力する。超音波トランスデューサ10aとしては、例えば、PZT（Pb(lead) zirconate titanate：チタン酸ジルコン酸鉛）等のセラミック圧電材やPVDf（polyvinyl difluoride：ポリフッ化ビニリデン）等の高分子圧電材を材料とする圧電素子を用いることができる。本実施形態においては、1つの超音波トランスデューサが超音波の送信と受信の両方に用いられるが、超音波の送信と受信のために別々の超音波トランスデューサを備えるようにしても良い。

【0010】

あるいは、このような圧電素子を超音波の送信素子として用い、微細な光ファイバーの先端にそれぞれ形成されたファブリーペロー共振器（FPRと略称）又はファイバースラッググレーティング等を超音波の受信素子として用い、これら

を組み合わせる超音波用探触子 10 を構成しても良い。なお、本実施形態においては 2 次元トランスデューサアレイを用いているが、これ以外に、1 次元、又は、1.5 次元等のトランスデューサアレイを用いても良い。

【0011】

また、この超音波撮像装置は、発火タイミングコントローラ 20 と、複数のパルサ回路 21 と、複数のレシーバ 30 とを含んでいる。

複数のパルサ回路 21 及び複数のレシーバ 30 は、複数の超音波トランスデューサ 10 a にそれぞれ接続されている。

発火タイミングコントローラ 20 は、所定のタイミングで複数の発火信号を複数のパルサ回路 21 にそれぞれ供給する。本実施形態において、発火タイミングコントローラ 20 は、電子回路によって構成されているが、パターンジェネレータ等によって構成されても良い。

【0012】

複数のパルサ回路 21 は、発火タイミングコントローラ 20 から供給される発火信号に従って、複数の駆動信号を超音波用探触子 10 に出力する。パルサ回路としては、高い繰り返し周期（例えば、3 MHz ～ 10 MHz）で連続的に駆動信号を出力できる高速パルサ回路を用いることが望ましい。

複数のパルサ回路 21 から駆動信号を供給されると、超音波用探触子 10 に含まれる複数の超音波トランスデューサ 10 a は、対応するパルサ回路 21 から出力された駆動信号に基づいて超音波パルスを発生する。これらの超音波パルスの合波により、所望の方向に偏向された送信ビーム（走査線）が形成される。

【0013】

複数のレシーバ 30 は、対応する超音波トランスデューサ 10 a が出力した検出信号について、信号処理を行う。各レシーバ 30 は、プリアンプ 31、TGC (time gain compensation: 時間利得補償) 増幅器 32 及び A/D コンバータ 33 を含んでいる。超音波トランスデューサ 10 a から出力された検出信号は、対応するレシーバ 30 に含まれるプリアンプ 31 及び TGC 増幅器 32 においてアナログ処理を施される。このアナログ処理により、これらの検出信号のレベルが、A/D コンバータ 33 の入力信号レベルに整合される。TGC 増幅器 32 から

出力されたアナログ信号は、A/Dコンバータ33によってそれぞれデジタル信号（データ）に変換される。

【0014】

また、この超音波撮像装置は、システム制御部40と、メモリ41と、位相整合演算部42と、不連続領域判定部43と、走査制御部44と、表示画像演算部45と、画像表示部46とを含んでいる。システム制御部40は、この超音波撮像装置の各部を制御している。

メモリ41は、複数のレシーバ30にそれぞれ対応する複数のラインを含んでおり、それぞれのレシーバ30から出力された検出データを時系列に記憶する。

【0015】

位相整合演算部42は、検出データの位相を整合するための演算処理、即ち、受信フォーカス処理を行う。位相整合演算部42は、メモリ41に記憶されている複数の検出データに所望の遅延を与えて加算する。これにより、所望の走査線に沿った超音波情報を表す音線データが生成される。位相整合演算部42は、シフトレジスタ遅延線、デジタル微小遅延器、若しくは、CPU（central processing unit：中央演算装置）とソフトウェア、又は、これらの組み合わせによって構成されている。

【0016】

不連続領域判定部43は、位相整合演算部42によって生成された音線データに基づいて、被検体内に存在する媒質の境界を検出し、近隣の複数の領域における媒質の境界の連続性を判定することにより、媒質の境界が不連続となっている領域を検出する。

走査制御部44は、不連続領域判定部43の判定結果に基づいて、被検体内の走査領域及び走査線密度を設定する。

【0017】

表示画像演算部45は、位相整合演算部42から出力された音線データに対して、検出波形の検波や、所定の画像処理を行う。また、表示画像演算部45は、画像処理されたデータについて走査フォーマットの変換を行うことにより、超音波ビームの走査空間の画像データを物理空間の画像データに変換する。なお、3

次元画像の表示を行う場合には、走査フォーマットの変換の前に、複数枚の断層データから、ある体積についてのデータであるボクセルデータ (voxel データ) を生成する処理を行っても良い。

【0018】

画像表示部 46 は、表示画像演算部 45 によって走査フォーマットが変換された画像データを D/A 変換によってアナログ信号に変換し、これらの信号に基づいて超音波画像を表示する。

【0019】

次に、本発明の第 1 の実施形態に係る超音波撮像方法について、図 1 ～図 8 を参照しながら説明する。

本実施形態に係る超音波撮像方法は、被検体内に存在する媒質の境界の連続性に応じて、走査線密度をアダプティブに変化させて被検体を走査するものである。ここで、一般に、超音波診断において反射源の形状や大きさを把握する場合には、反射源の輪郭が連続的に変化する領域よりも、不連続に変化する領域の方が重要である。例えば、図 2 に示すように、セクタ領域 1 内に反射源 2 が存在する場合に、反射源に関する位置情報が緩やかに変化する領域 B よりも、位置情報が不連続であったり、連続的であっても急峻に変化する領域 A や領域 C の方に、多くの重要な情報が含まれている。そこで、本実施形態に係る超音波撮像方法においては、反射源に関する位置情報が連続的に変化する領域については、低い走査線密度で粗く走査し、位置情報が不連続に変化する領域については、高い走査線密度で細かく走査することにより、超音波情報を得ている。

【0020】

図 3 は、本実施形態に係る超音波撮像方法を示すフローチャートである。

まず、ステップ S1 において、超音波撮像装置は、被検体内の走査領域を、低い走査線密度で走査する。即ち、図 4 に示すように、走査対象であるセクタ領域 1 を走査する場合に、通常、走査線間隔が $\Delta\theta$ となるように走査するところを、本実施形態においては、図 5 に示すように、例えば、走査線間隔が $3 \times \Delta\theta$ となるように走査する。そのために、走査制御部 44 の制御により、発火タイミングコントローラ 20 から複数のパルサ回路 21 に発火信号が供給される。これに応

じて、それぞれのパルサ回路 21 は、供給された発火信号に基づいて、対応する超音波トランスデューサ 10a に駆動信号を出力する。これにより、 $3 \times \Delta \theta$ の間隔で超音波ビームが順次送信される。

【0021】

また、複数の超音波トランスデューサ 10a は、送信された超音波ビームが反射源から反射されることによって生じた超音波エコーを受信し、検出信号を出力する。これらの検出信号は、対応するレシーバ 30 において、それぞれ信号処理された後にデジタルデータに変換され、メモリ 44 に時系列に記憶される。さらに、位相整合演算部 42 は、メモリ 44 に記憶されている検出データを用いて、超音波ビームの送信方向に対応する受信フォーカス処理を行う。これにより、それぞれの走査線に沿った超音波情報を表す音線データが生成される。

【0022】

このように、図 3 に示すステップ S1 における超音波ビームの送受信を、送信方向を変えながら順次行うことにより、セクタ領域 1 の全範囲が粗く走査される。

次に、ステップ S2 において、不連続領域判定部 43 は、セクタ領域 1 を低い走査線間隔で走査することによって得られた複数の音線データに基づいて、セクタ領域 1 内に現れた媒質の境界に不連続となる領域が存在するか否かを判定を行う。

【0023】

ここで、不連続領域の判定方法について、図 6～図 9 を参照しながら説明する。図 6 に示すように、セクタ領域 1 に反射源 2 が存在する場合に、例えば、走査線 TA(6) の方向に送信された超音波ビームは、境界 B1 及び境界 B2 において反射される。その場合に、それらの反射領域からのエコー信号の強度は、周囲の領域よりも高くなる。従って、図 7 に示すように、走査線 TA(6) に関する超音波情報を表す RF 信号のエンベロープには、境界 B1 及び境界 B2 において生じた超音波エコーを表す突起が現れる。また、走査線 TA(9) に関する超音波情報を表す RF 信号のエンベロープには、境界 B3 及び境界 B4 において生じた超音波エコーを表す突起が現れる。或いは、超音波エコーが浮腫等から反射さ

れたものである場合には、その反射領域からのエコー信号の強度は、周囲の領域よりも低くなる。その場合には、図 8 に示すように、境界 B 1 や境界 B 2 を表す信号は、低エコー（アンチエコーとも呼ばれる）となる。図 7 及び図 8 において、グラフの横軸 t は超音波エコー信号の検出時刻を示しており、 t の値が大きいほど、被検体の深部において生じた超音波エコーであることを表している。また、グラフの縦軸は、超音波エコー信号の強度を示している。

【0024】

そこで、まず、不連続領域判定部 44 は、判定対象である走査線について、媒質の境界が存在するか否かを判定する。即ち、図 7 に示すように、不連続領域判定部 43 は、ある超音波エコー信号の振幅 h_S が、その前後の信号の振幅 h_B に対して一定の増減がある場合に、その時間軸上の位置に媒質の境界が存在すると判定する。例えば、不連続領域判定部 43 は、次式 (1) を満たす場合に、媒質の境界が存在すると判定する。

$$|(h_S - h_B) / h_B| > 0.1 \quad \dots (1)$$

式 (1) においては、閾値を 0.1 としているが、この数値は、包絡線の幅等に基づいて設定される。

【0025】

次に、不連続領域判定部 43 は、隣接する走査線に関する音線データを比較し、両者に現れた媒質の境界が連続するか否かを判定する。判定は、次のように行う。図 9 に示すように、不連続領域判定部 43 は、走査線 TA (6) について、境界の存在を表す信号がハイレベルとなった位置（深さ）を検出する。なお、図 9 においては、位置（深さ）は、検出信号の検出時刻 t_1 及び t_2 によって表されている。次に、不連続領域判定部 43 は、走査線 TA (6) に隣接する走査線 TA (9) において、境界が存在する範囲を設定する。境界が存在する範囲は、境界の位置 t_1 及び t_2 に対して $\pm \Delta t$ となる範囲である。そして、走査線 TA (9) において、範囲 $t_1 \pm \Delta t$ 及び $t_2 \pm \Delta t$ 内にハイレベルの信号が現れれば連続、現れなければ不連続と判断する。同様に、走査線 TA (12) についても、走査線 TA (9) におけるハイレベル信号の位置 t_1' 、 t_2' に基づいて、境界の連続性が判断される。その結果、図 9 に示す場合には、走査線 TA (6

）と走査線 TA（9）とにおける境界は連続、走査線 TA（9）と走査線 TA（12）とにおける境界は不連続と判断される。

【0026】

再び、図3を参照すると、ステップS3において、超音波撮像装置は、境界が不連続となる走査線 TA（0）と走査線 TA（3）との間、及び、走査線 TA（9）と走査線 TA（12）との間の領域について、高い走査線密度で走査を行う。これより、図10に示すように、走査線 TA（1）、TA（2）、TA（10）、TA（11）の方向に超音波ビームが送受信され、それぞれの走査線に関する音線データが取得される。

【0027】

本実施形態においては、最初に走査領域の全体を粗く走査した後に、境界が不連続となった領域を補間するように細かく走査する。このように、検出された境界の連続性に応じて走査線密度をアダプティブに変更することにより、重要な領域について詳細な超音波情報を取得しつつ、全範囲に関する超音波情報を、高速且つ効率良く取得することができる。また、最初に粗く走査領域の全体を走査するので、撮像対象の概要を早期に把握することができる。

【0028】

次に、本発明の第2の実施形態に係る超音波撮像方法について、図11及び図12を参照しながら説明する。本実施形態に係る超音波撮像方法は、図1に示す超音波撮像装置において用いることができる。図11は、本実施形態に係る超音波撮像方法を示すフローチャートである。

【0029】

ステップS11において、図12に示すように、超音波撮像装置は、セクタ領域1について、低い走査線密度による走査を開始する。これにより、複数の走査線 TB（1）、TB（2）、…に関する音線データが順次生成される。

次に、ステップS12において、不連続領域判定部43は、ステップS11において新しく得られた走査線 TB（n）に関する音線データと、その前に得られた走査線 TB（n-1）に関する音線データとを比較し、隣接する2つの走査線のいずれかに媒質の境界が現れている場合に、それらの境界が不連続となるか否

かを判定する。不連続領域の判定方法については、図7～図10を参照しながら説明したものと同様である。

【0030】

ステップS12において、境界が現れない場合、又は、現れた境界が不連続とならない場合に、超音波撮像装置は、ステップS11に戻り、再び低い走査線密度でセクタ領域1を走査する（ステップS14）。

【0031】

一方、現れた境界が不連続であった場合には、ステップS13において、超音波撮像装置は、走査線TB(n)と走査線TB(n-1)との間に領域について、高い走査線密度で走査を行う。

この領域について、高い走査線密度による走査が終了すると、超音波撮像装置は、ステップS11に戻り、再び低い走査線密度によりセクタ領域1を走査する。ステップS11に戻る場合には、走査線TB(n)に隣接する走査線TB(n+1)から走査が開始される。また、セクタ領域1の全範囲の走査が終了した場合には、動作を終了する（ステップS14）。

【0032】

本実施形態においては、図12に示すように、セクタ領域1を粗く走査し、媒質の境界が不連続となる領域が検出されるたびに、その領域を高い走査線密度で走査する。従って、重要な領域について詳細な超音波情報を取得しつつ、走査領域の全体を、一方の側から順に、高速に走査することができる。

【0033】

以上説明した第1及び第2の実施形態においては、2次元セクタ領域を走査する場合について説明した。しかしながら、その他の2次元領域や、3次元領域を走査する場合においても、これらの実施形態と同様に、得られた音線データに基づいて不連続領域を判断し、その結果に基づいて走査線密度をアダプティブに変更して走査を行うことにより、走査領域の全体を高速に走査することができる。

【0034】

次に、本発明の第3の実施形態に係る超音波撮像装置について説明する。図13は、本実施形態に係る超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。この超

音波撮像装置は、図 1 に示す超音波撮像装置に境界予測演算部 47 を付加したものである。その他の構成については、図 1 に示す超音波撮像装置と同様である。

境界予測演算部 47 は、不連続領域判定部 43 において検出された媒質の境界位置に基づいて、次に走査する領域における境界の位置を予測するための演算を行う。

【0035】

次に、本実施形態に係る超音波撮像方法について説明する。本実施形態に係る超音波撮像方法は、本発明の第 1 又は第 2 の実施形態に係る超音波撮像方法と同様に、被検体内の走査領域を低い走査線密度で走査し、それによって検出された媒質の境界の不連続領域を高い走査線密度で走査するものである。その境界の不連続領域を検出する際に、境界予測演算部 47 によって予測された境界の存在範囲を用いることに特徴を有している。

【0036】

図 14 は、本実施形態に係る超音波撮像方法において境界の不連続領域を検出する方法を示すフローチャートである。また、図 15 は、本実施形態において走査されるセクタ領域を示す図である。

ステップ S21 において、超音波撮像装置は、反射源 4 が存在するセクタ領域 3 を走査することにより、走査線 TC (0)、TC (2)、…、TC (8) に関する音線データを得る。不連続領域判定部 43 は、これらの音線データに基づいて、それぞれ走査線 TC (0)、TC (2)、…、TC (8) における境界の位置を検出する。境界位置の検出方法については、本発明の第 1 の実施形態において図 7 及び図 8 を参照しながら説明したものと同様である。これにより、図 16 に示すように、境界の存在を表す信号 D2a 及び D2b、D4a 及び D4b、D6a 及び D6b、D8a 及び D8b が得られる。

【0037】

次に、ステップ S22 において、境界予測演算部 47 は、境界が検出された走査線 TC (2) ~ TC (8) における境界の存在を表す信号に基づいて、走査線 TC (10) における境界の位置の範囲を予測するための演算を行う。即ち、一連の信号 D2a、D4a、D6a、D8a、及び、信号 D2b、D4b、D6b

、D 8 b を用いて、走査線 TC (10) における境界が存在する範囲 R 10 a 及び R 10 b をそれぞれ求める。

【0038】

境界の位置は、例えば、次に示す演算を行うことによって予測することができる。まず、図 17 に示すように、ステップ S 21 において得られた境界の存在を表す信号 (図 16) をセクタ画像に変換し、信号 D 2 a ~ D 8 b をプロットする。次に、最新の走査によって得られた信号 D 8 b と、その前の走査によって得られた信号 D 6 b とを直線で結び、その延長線と走査線 TC (10) との交点 P を求める。次に、交点 P を中心とし、所定の半径を有する円を描く。この半径の値としては、例えば、過去の推定値と実際の境界位置とのズレの最大値が用いられる。図 16 において、この円に対応する範囲を、走査線 TC (10) における境界が存在する範囲 R 10 b とする。境界が存在する範囲 R 10 a についても、信号 D 6 a 及び D 8 a を用いて同様に求める。

【0039】

また、ある走査線を走査したときに、境界が新たに検出された場合 (例えば、図 17 の走査線 TC (2) における信号 D 2 a 及び D 2 b) には、次のように境界の存在する範囲を求める。図 18 に示すように、走査線 TC (X) 上の位置 X に新たに境界が検出された場合に、隣接する走査線 TC (X+1) における境界の位置 X' は位置 X と同じ深度 d に存在すると仮定する。そして、位置 X' を中心とし、位置 X を通る円、即ち、X-X' 間の距離 r を半径とする円を描く。この円を、隣接する走査線 TC (X+1) における境界が存在する範囲 R とする。

なお、ステップ S 22 における演算処理としては、このほかにも、一般的に知られている様々な位置予測演算法を用いることができる。

【0040】

再び、図 14 を参照すると、ステップ S 23 において、超音波撮像装置は、走査線 TC (10) を走査することにより、音線データを得る。

次に、ステップ S 24 において、不連続領域判定部 43 は、ステップ S 23 において得られた音線データに基づいて、走査線 TC (10) における境界の位置を検出する。境界の位置の検出方法については、ステップ S 21 と同様である。

【 0 0 4 1 】

次に、ステップ S 2 5 において、不連続領域判定部 4 3 は、ステップ S 2 4 において得られた走査線 T C (1 0) における境界の位置を表す信号が、ステップ S 2 2 において求められた境界が存在する範囲 R 1 0 a 又は R 1 0 b に含まれるか否かを判定する。即ち、境界の位置を表す信号が範囲 R 1 0 a 又は R 1 0 b に含まれる場合には、走査線 T C (8) と走査線 T C (1 0) との間の境界が連続すると判断される。一方、境界の位置を表す信号が範囲 R 1 0 a 又は R 1 0 b に含まれない場合には、上記境界が不連続であると判断される。また、ステップ S 2 4 において、走査線 T C (1 0) に境界が検出されなかった場合にも、上記境界が不連続と判断される。

【 0 0 4 2 】

再び、図 1 3 を参照すると、超音波撮像装置は、このようにして判定された不連続領域について、高い走査線密度で走査を行う。走査方法としては、図 1 0 に示すように、1 回目にセクタ領域 3 の全範囲を粗く走査し、2 回目に、不連続と判定された領域について細かく走査する方法でも良い。また、図 1 2 に示すように、セクタ領域 3 を粗く走査する間に、領域が不連続と判定される度に、その領域に戻って細かく走査する方法でも良い。

【 0 0 4 3 】

本実施形態によれば、先に検出された境界の位置情報に基づいて、次の走査線上の境界位置を推定し、実測値と比較するので、境界の連続性をより正確に判定することができる。

なお、本実施形態においては、最新の走査によって得られた境界位置情報と、そのひとつ前の走査によって得られた境界位置情報とに基づいて、次の走査線における境界位置を予測しているが、さらに過去に取得された境界位置情報まで遡って用いても良い。

【 0 0 4 4 】

次に本発明の第 4 の実施形態に係る超音波撮像装置について説明する。本実施形態に係る超音波撮像方法は、マルチビーム方式、即ち、複数の超音波ビームを複数の方向に同時に送信することにより、被検体の 3 次元領域を高速に走査する

ものである。

【0045】

マルチビーム方式においては、1つの方向に送信された第1の超音波ビームが反射源に反射されて生じる超音波エコーを受信する際に、他の方向に送信された第2の超音波ビームが反射源に反射されて生じる超音波エコーが同時に受信される場合に、クロストークが問題となる。そのため、マルチビーム方式による本格的な超音波撮像を行う前に、クロストークの原因となるような反射源が存在するか否かについて、事前撮像により、被検体の概要を把握しておくことが行われる。この事前撮像は、クロストークの影響を避けるために、シングルビームによって行う必要があるので、撮像時間が長くなってしまう。そこで、本実施形態においては、この事前撮像を高速に行うための方法を採用している。

【0046】

図19は、本実施形態に係る超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。この超音波撮像装置は、図1に示す超音波撮像装置における位相整合演算部42の代わりに位相整合演算部50を、また、走査制御部44の代わりに走査制御部52有しており、さらに、クロストーク判定部51を有している。その他の構成については、図1に示す超音波撮像装置と同様である。

【0047】

位相整合演算部50は、メモリ41に記憶されている検出データの位相を整合するために演算処理を行う。位相整合演算部42には、送信ビームの数に対応して複数の系統が設けられている。位相整合演算部50の各系統は、各超音波トランスデューサ10aから出力される検出信号に基づいて得られた一連の検出データに所定の遅延を与え、それらをデジタル加算する。このように、複数の系統を有する位相整合演算部50を用いることにより、被検体内の複数の方向に関する受信フォーカスを同時に達成することができる。

【0048】

クロストーク判定部51は、被検体をプリスキャンすることにより事前撮像を行った場合に、その結果得られた画像情報に基づいて、クロストークの原因となる反射源が存在しているか否かを判定する。

また、走査制御部 52 は、事前走査の際に、不連続領域判定部 43 の判定結果に基づいて走査線密度及び走査領域を設定すると共に、本格的な撮像において、クロストーク判定部 51 の判定結果に基づいて、送信される超音波の送信タイミングや送信方向を含む走査条件を設定する。

【0049】

次に、本発明の第 4 の実施形態に係る超音波撮像方法について、図 19～図 22 を参照しながら説明する。図 20 は、本実施形態に係る超音波撮像方法を示すフローチャートである。また、図 21 及び図 22 は、本実施形態に係る超音波撮像方法を説明するための図である。

ここで、図 21 の (a) 及び図 22 の (a) は、被検体の 3 次元領域に向けて超音波ビームが送信される様子を示しており、矢印は、超音波ビーム TX1～TX4 の軌跡を表している。また、図 21 の (b) 及び図 22 の (b) は、深度 P の画像領域に含まれる複数のブロック P1～P4 を示しており、丸印は、複数のブロック P1～P4 を走査する超音波ビーム TX1～TX4 のビームスポットを表し、矢印は、超音波ビーム TX1～TX4 の走査方向を表している。ここで、図 21 の (a)、(b) 及び図 22 の (a)、(b) において、黒丸印は深度 P の画像領域に存在する反射源 OB1 及び OB2 を表している。さらに、図 21 の (c) 及び図 22 の (c) は、送信された超音波ビームに対応して取得されたエコー信号のタイムチャートを示している。

【0050】

まず、ステップ S31 において、図 21 の (a) に示すように、被検体内の 3 次元領域を構成する 1 つの画像領域を 1 つの超音波ビーム TX1 によって走査することにより、事前撮像を行う。事前撮像においては、本発明の第 1 又は第 2 の実施形態に係る超音波撮像方法が用いられる。

【0051】

この事前撮像により、図 21 の (c) に示すエコー信号のタイムチャートが得られる。これにより、深度 P の画像領域に反射源 OB1 及び OB2 が存在することが把握される。図 21 の (c) において、t1 及び t2 は、図 21 の (a) に示す x1 及び x2 方向の各々に向けて送信された超音波ビーム TX1 の送信時刻

を示している。

このような複数の走査線に関する音線データは、クロストーク判定部 51 に入力される。

【0052】

次に、ステップ S32 において、クロストークの判定を行う。ここで、発火タイミングコントローラ 20 には、例えば、図 22 の (a) に示すように、1 回のマルチビーム送信において、 θ_0 及び ϕ_0 ずつ離れている超音波ビーム TX1、TX2、TX3、TX4 が同時に送信されるように、送信タイミング及び送信方向が初期設定されているものとする。

【0053】

まず、クロストーク判定部 51 は、入力された音線データに基づいて、互いに隣接する領域に反射源が存在するか否かを判定する。

例えば、図 21 の (c) に示すタイムチャートにより、x1 方向及び x2 方向に、反射源 OB1 及び OB2 がそれぞれ存在していることがわかる。これらの反射源 OB1 及び OB2 は、超音波ビームを送信してから超音波エコーを受信するまでの時間がほぼ等しいことから、図 21 の (a) に示すように、送信ビームの送信点からの距離がほぼ等しい位置、即ち、深度の等しい画像領域上に存在していることがわかる。この x1 方向と x2 方向との間隔が、同時に送信される複数の超音波ビームの送信間隔 θ_0 や ϕ_0 にほぼ等しい場合に、x1 方向及び x2 方向に向けて同時に超音波ビームを送信すると、反射源 OB1 に反射されて生じた超音波エコーの検出信号と、反射源 OB2 に反射されて生じた超音波エコーの検出信号とが重なって検出されてしまう。

そのような場合に、クロストーク判定部 51 は、x1 方向と x2 方向との間でクロストークが生じるものと判断し、その結果を走査制御部 52 に入力する。

【0054】

次に、ステップ S33 において、走査条件の再設定を行う。走査制御部 52 は、クロストーク判定部 51 から入力された判定結果に基づいて、本格的な撮像の際に送信される超音波ビームの走査条件を発火タイミングコントローラ 20 に対して再設定する。即ち、図 22 の (c) に示すように、走査制御部 52 は、x1

及び x_2 を含む方向に超音波ビームを送信する際に、超音波ビーム TX1、TX3、TX4 を同時に送信し、これらの送信時刻の Δt 時間後に超音波ビーム TX2 を送信するように、送信タイミングを設定する。

【0055】

次に、ステップ S34 において、本格的な撮像を行う。即ち、複数のパルサ回路 21 は、走査制御部 52 によって走査条件が再設定された発火タイミングコントローラ 20 の制御に従って、複数のパルサ回路 21 にそれぞれ接続されている複数の超音波トランスデューサ 10a に駆動信号を出力する。これにより、時刻 t_0 に、複数の超音波ビーム TX1、TX3、TX4 が x_1 、 x_3 、 x_4 方向に向けて送信され、その Δt 時間後である時刻 $t_0 + \Delta t$ に、超音波ビーム TX2 が x_2 方向に向けて送信される。

【0056】

マルチビーム送信された複数の超音波ビームは、被検体内においてそれぞれ反射され、それによって生じた超音波エコーが超音波用探触子 10 に受信される。超音波用探触子 10 に含まれる複数の超音波トランスデューサ 10a は、受信した超音波エコーに基づいて複数の検出信号をそれぞれ出力する。これらの検出信号は、対応するレシーバ 30 にそれぞれ入力され、所定の信号処理を施され、メモリ 41 で一旦記憶された後、位相整合演算部 50 の各系統に並列に入力される。

【0057】

位相整合演算部 50 は、入力された一連の検出データに基づいて、 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 方向から戻ってきた超音波エコーがそれぞれ受信焦点を形成するように受信ビームフォーミングを行うことにより、送信ビームにそれぞれ対応する音線データを生成する。これにより、図 22 の (c) に示すように、反射源 OB1 に反射されて生じた超音波エコーの検出信号と、反射源 OB2 に反射されて生じた超音波エコーの検出信号とが分離して取得される。

【0058】

さらに、表示画像演算部 45 は、位相整合演算部 50 において受信フォーカス処理を施された音線データについて所定の画像処理を行い、画像表示部 46 は、

画像処理された画像データに基づいて超音波画像を表示する。

【0059】

以上説明したように、本実施形態によれば、事前撮像を高速に行うことができるので、全体の超音波撮像に要する時間を短縮することができる。また、事前撮像の結果に基づいて、超音波ビームの送信タイミングを含む走査条件を再設定するので、隣接する複数の領域において反射されて生じた超音波エコーの検出信号を分離することができ、クロストークの影響が抑制された良質な画像データをマルチビーム送信によって高速に取得することができる。

【0060】

本実施形態においては、クロストーク判定部の結果に基づいて、超音波ビームが送信されるタイミングをずらすように走査条件を再設定したが、超音波ビームの送信方向を変更したり、タイミング及び送信方向の両方を変更するように、走査条件を再設定しても良い。

【0061】

また、本実施形態においては、マルチビーム方式による超音波撮像を行うための事前撮像として第1又は第2の実施形態に係る超音波撮像方法を用いたが、これらの超音波撮像方法は、その他にも、様々な超音波撮像における事前撮像として用いることができる。

【0062】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、検出された媒質の境界の連続性に応じて走査線密度をアダプティブに変更するので、重要な情報が含まれる領域について詳細な超音波情報を取得しつつ、走査領域の全体を高速に走査できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態に係る超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図2】

被検体内の走査対象であるセクタ領域を示す図である。

【図 3】

本発明の第 1 の実施形態に係る超音波撮像方法を示すフローチャートである。

【図 4】

通常の走査における走査線密度を示す図である。

【図 5】

本発明の第 1 の実施形態に係る超音波撮像方法において行われる低い走査線密度による走査を説明するための図である。

【図 6】

境界の連続性を判定する方法を説明するための図である。

【図 7】

走査線上に境界が存在するか否かを判定する方法を説明するための図である。

【図 8】

走査線上に境界が存在するか否かを判定する方法を説明するための図である。

【図 9】

隣接する走査線上に存在する境界が連続するか否かを判定する方法を説明するための図である。

【図 10】

本発明の第 1 の実施形態に係る超音波撮像方法において行われる高い走査線密度による走査を説明するための図である。

【図 11】

本発明の第 2 の実施形態に係る超音波撮像方法を示すフローチャートである。

【図 12】

本発明の第 2 の実施形態に係る超音波撮像方法において行われる走査を説明するための図である。

【図 13】

本発明の第 3 の実施形態に係る超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図 14】

本発明の第 3 の実施形態に係る超音波撮像方法における不連続領域の検出方法

を示すフローチャートである。

【図 15】

本発明の第3の実施形態に係る超音波撮像方法において走査される領域を示す図である。

【図 16】

境界位置の予測方法を説明するための図である。

【図 17】

境界位置の予測方法を説明するための図である。

【図 18】

境界位置の予測方法を説明するための図である。

【図 19】

本発明の第4の実施形態に係る超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図 20】

本発明の第4の実施形態に係る超音波撮像方法を示すフローチャートである。

【図 21】

本発明の第4の実施形態に係る超音波撮像方法を説明するための図である。

【図 22】

本発明の第4の実施形態に係る超音波撮像方法を説明するための図である。

【符号の説明】

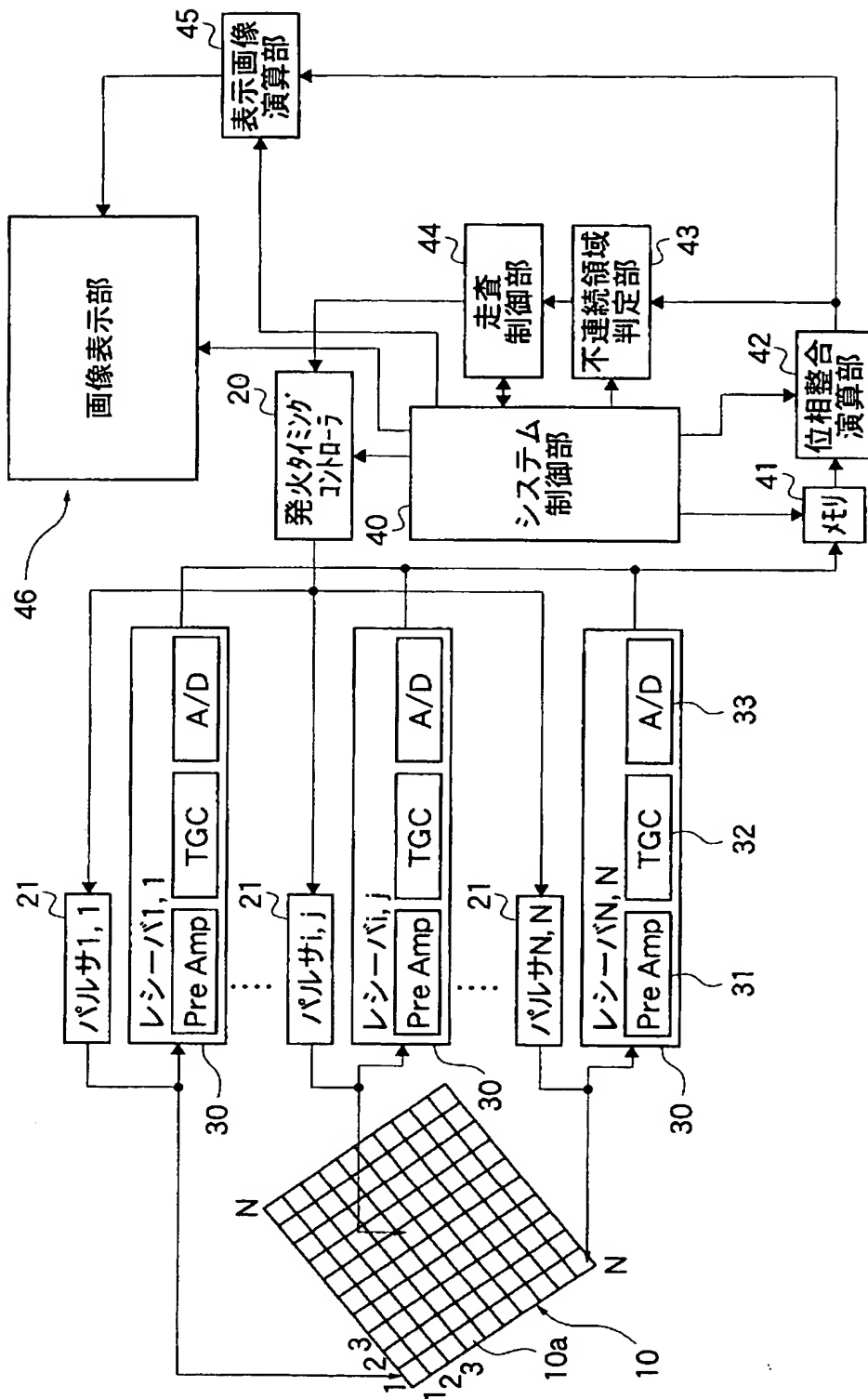
- 1、3 走査領域（セクタ領域）
- 2、4 反射源
- 10 超音波用探触子
- 10a 超音波トランスデューサアレイ
- 20 発火タイミングコントローラ
- 21 パルサ回路
- 30 レシーバ
- 31 プリアンプ
- 32 TGC増幅器

- 3 3 A／D変換器
- 4 0 システム制御部
- 4 1 メモリ
- 4 2、5 0 位相整合演算部
- 4 3 不連続領域判定部
- 4 4、5 2 走査制御部
- 4 5 表示画像演算部
- 4 6 画像表示部
- 4 7 境界予測演算部
- 5 1 クロストーク判定部

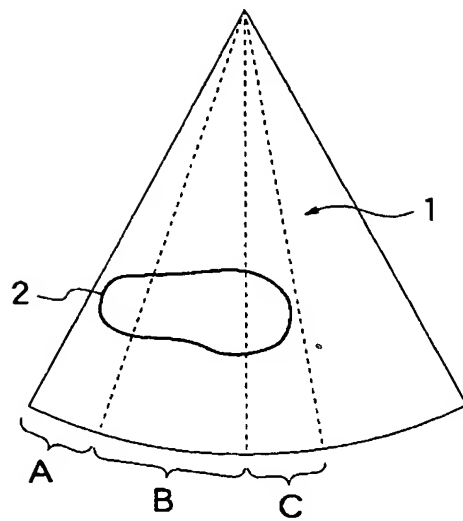
【書類名】

図面

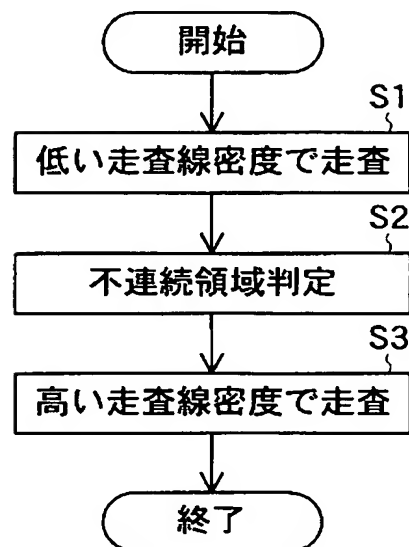
【図 1】



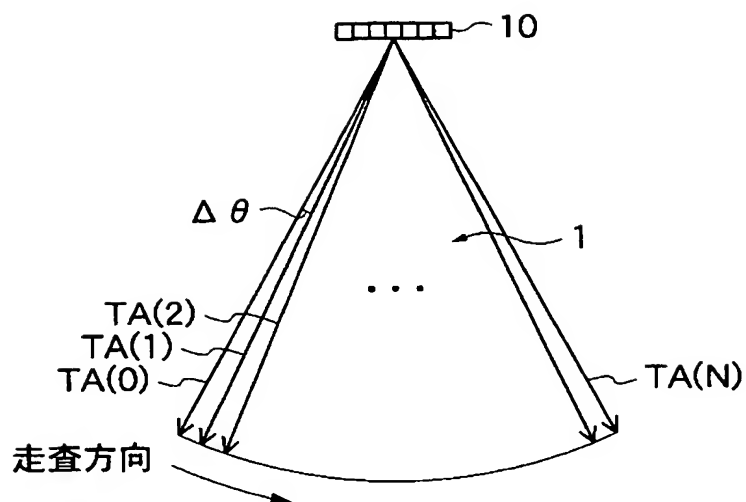
【図 2】



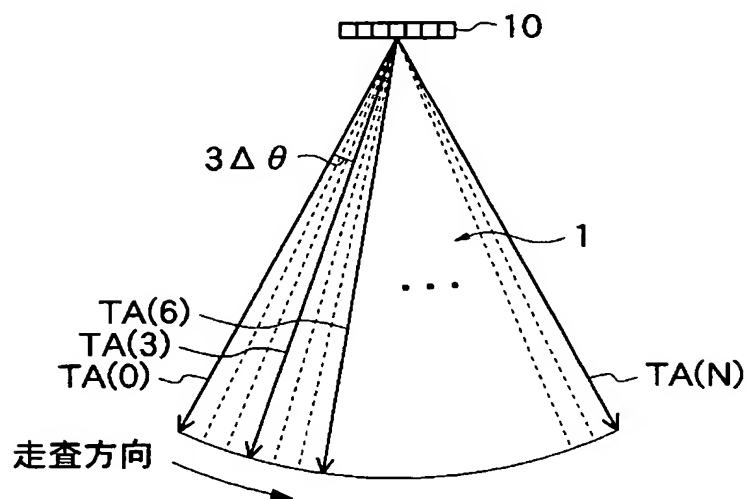
【図 3】



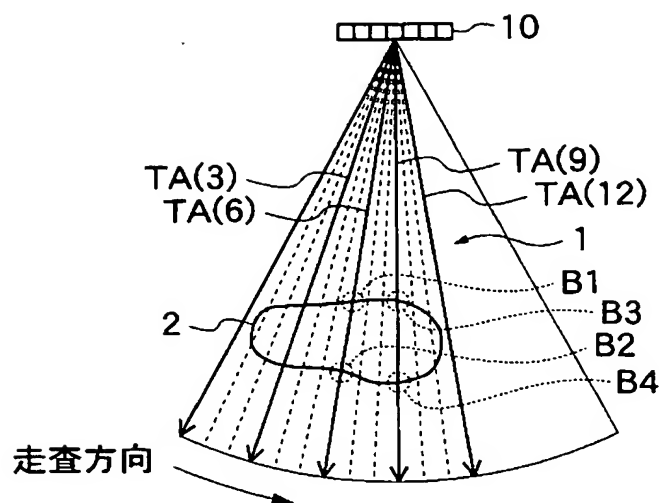
【図 4】



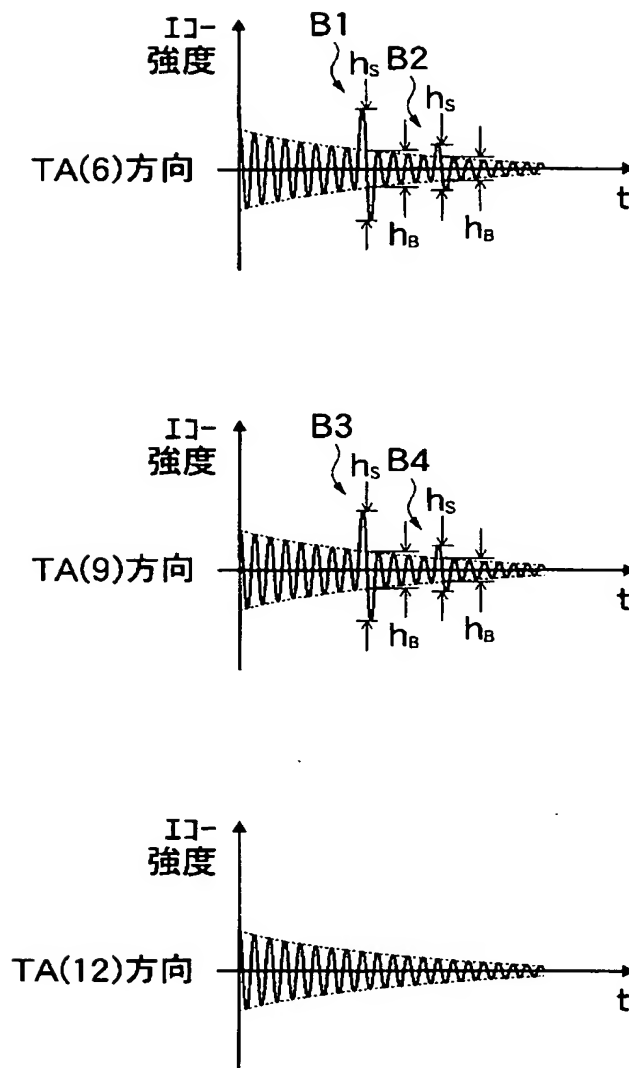
【図 5】



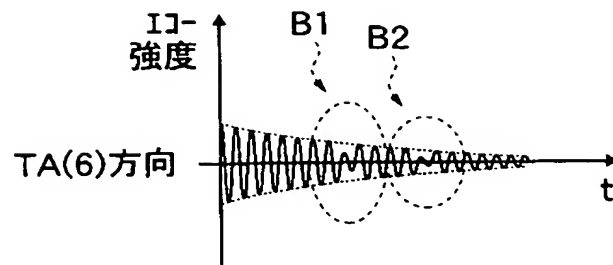
【図 6】



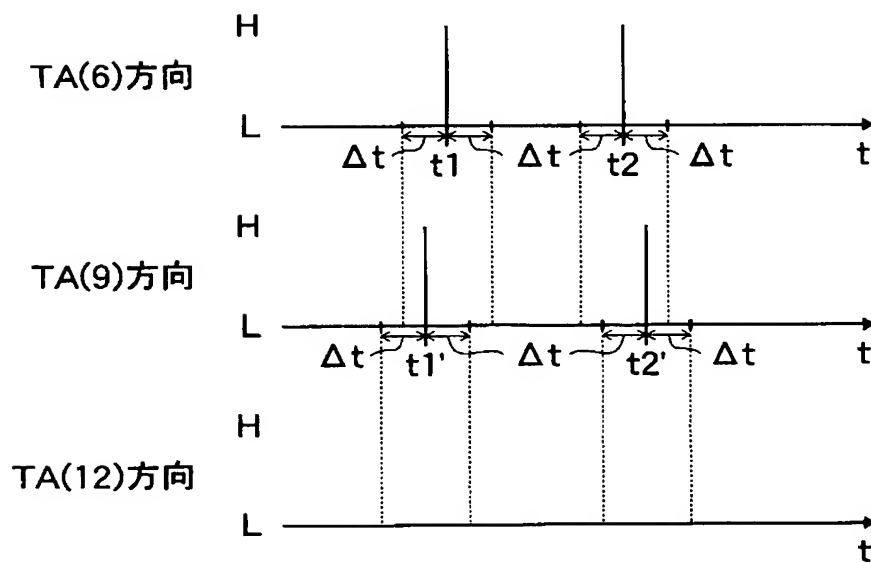
【図 7】



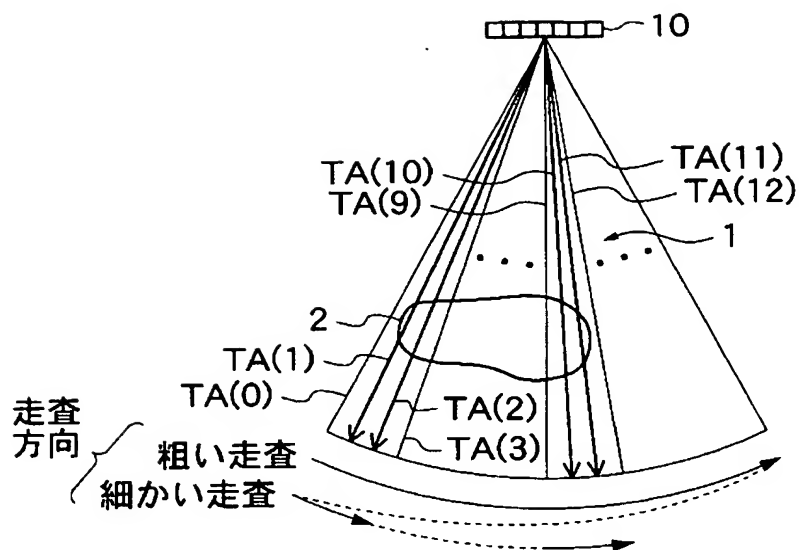
【図 8】



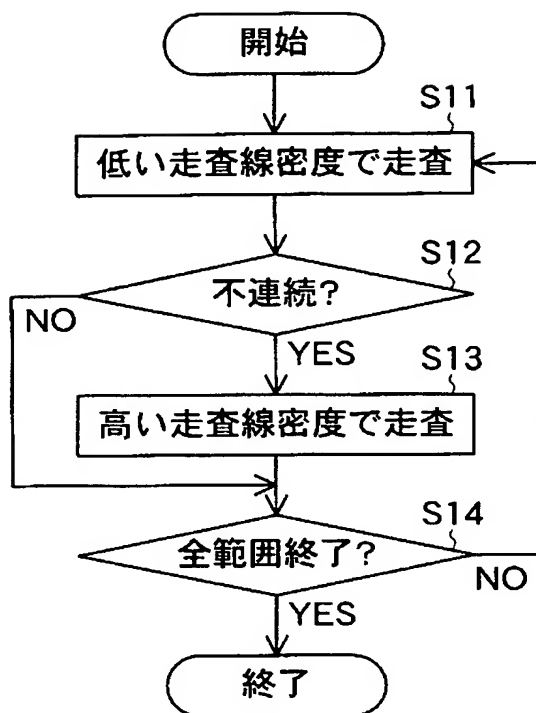
【図 9】



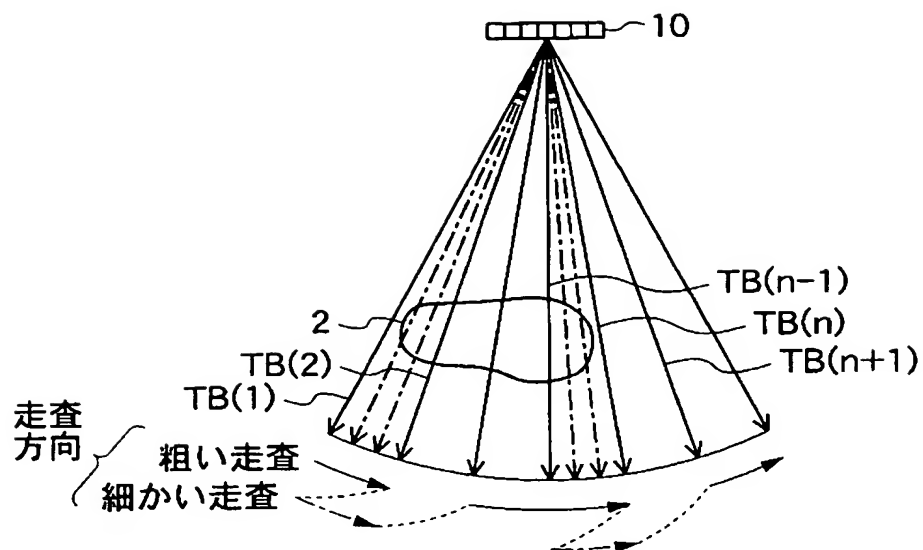
【図 10】



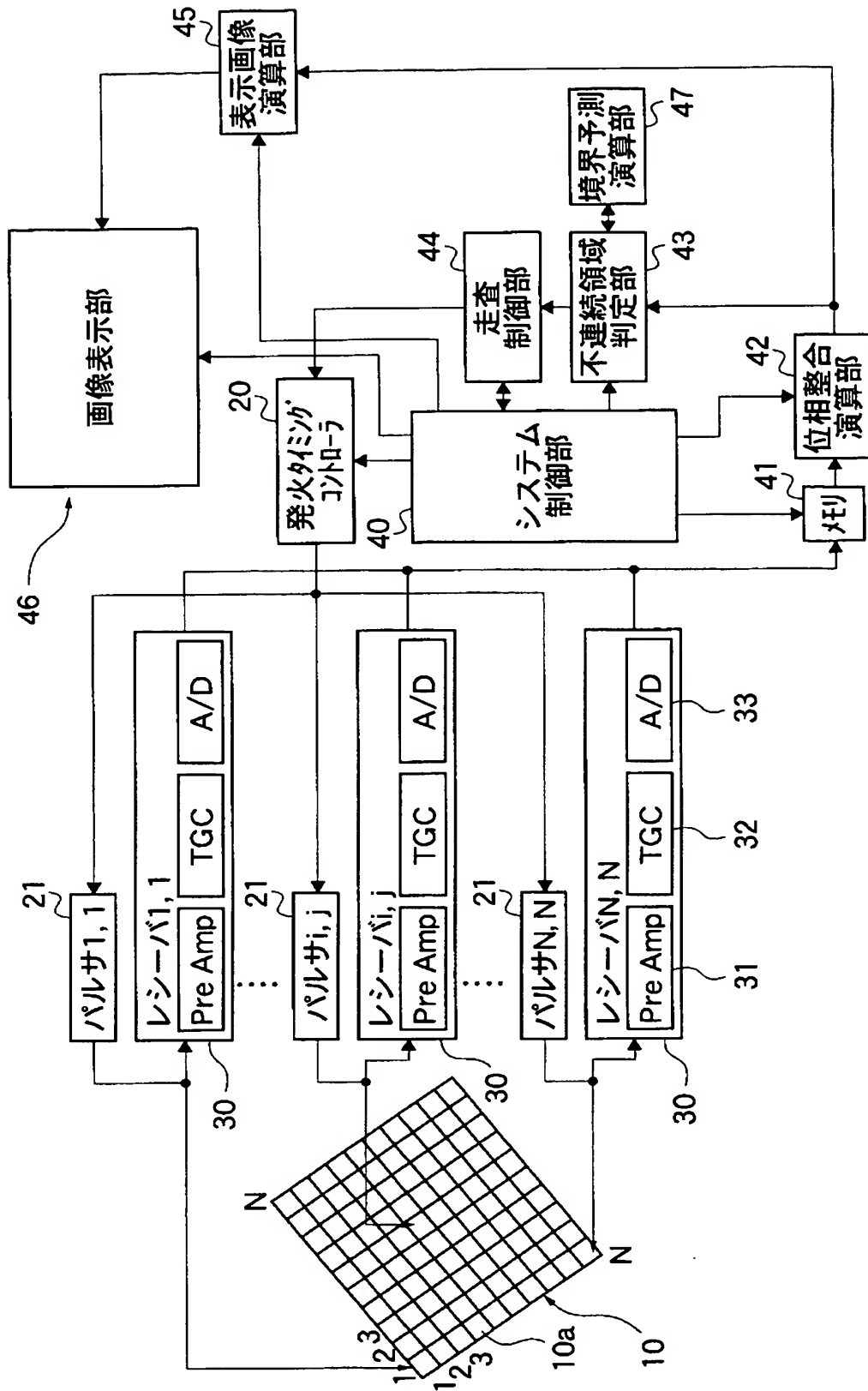
【図 11】



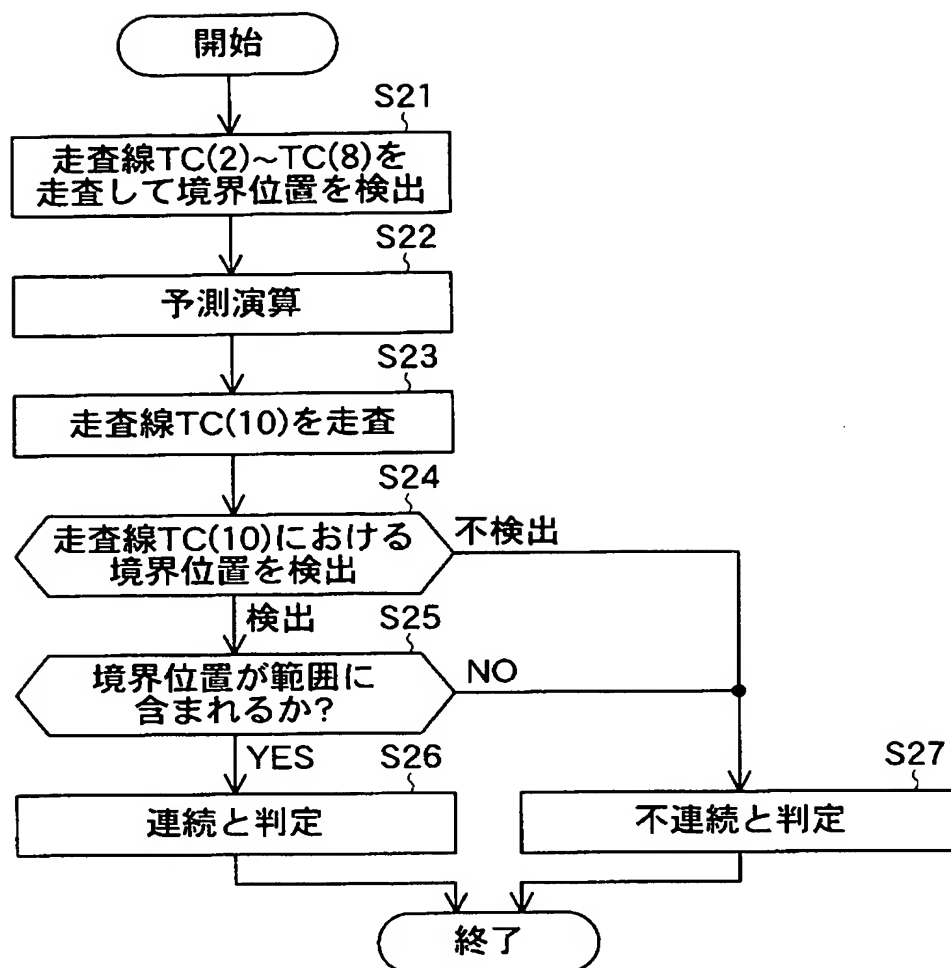
【図 12】



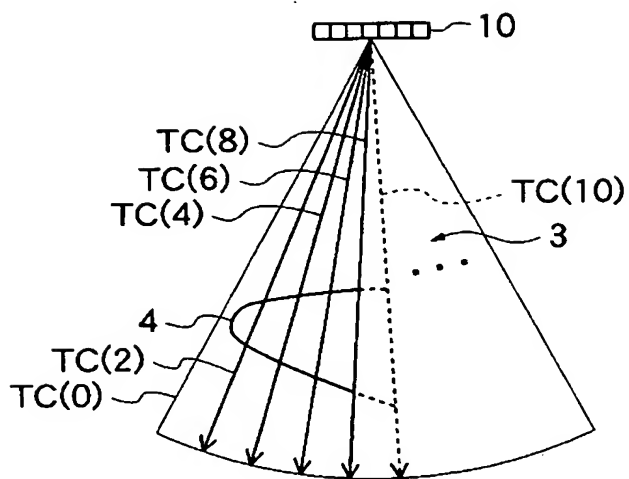
【図 13】



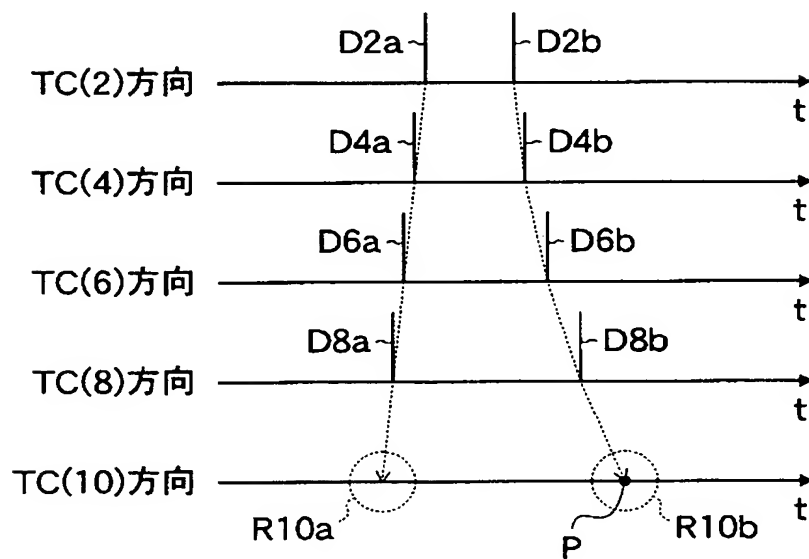
【図 14】



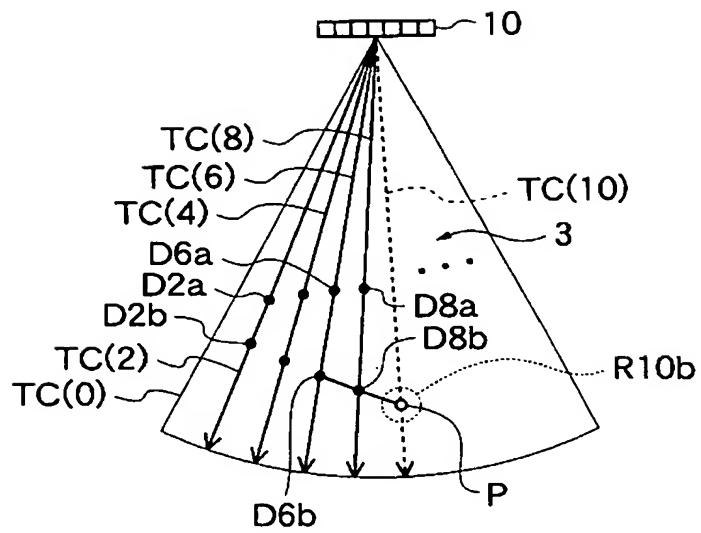
【図 15】



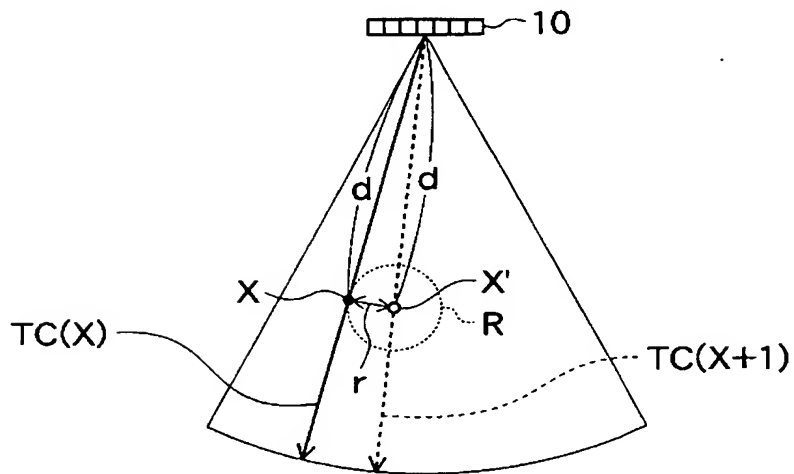
【図 16】



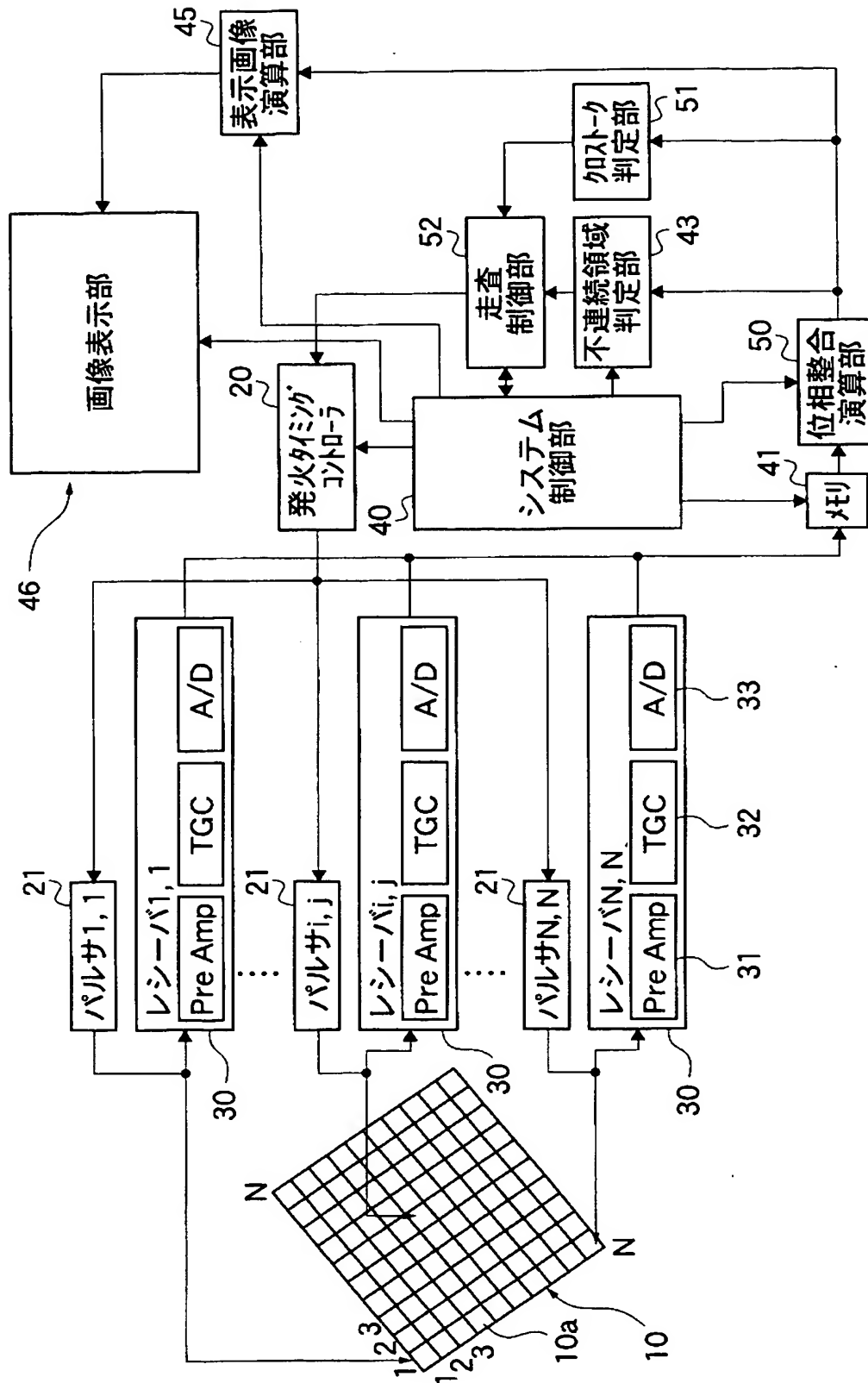
【図 17】



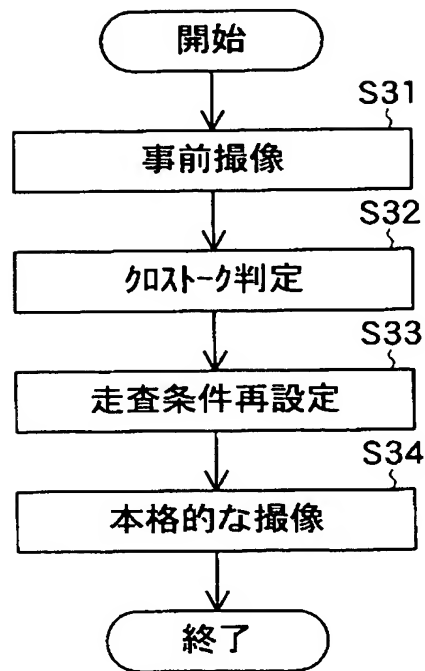
【図 18】



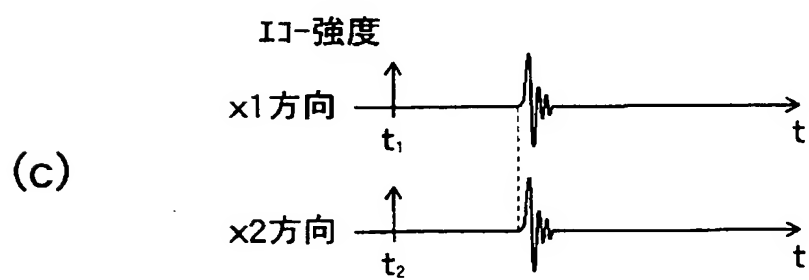
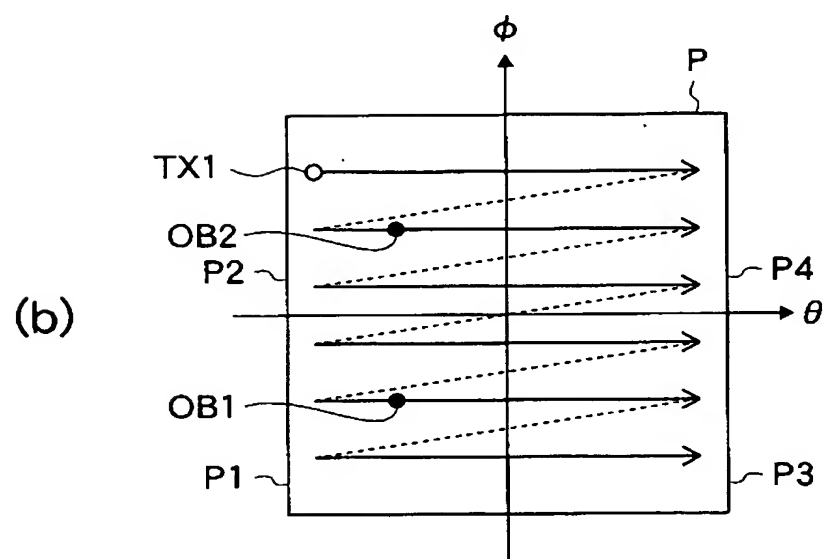
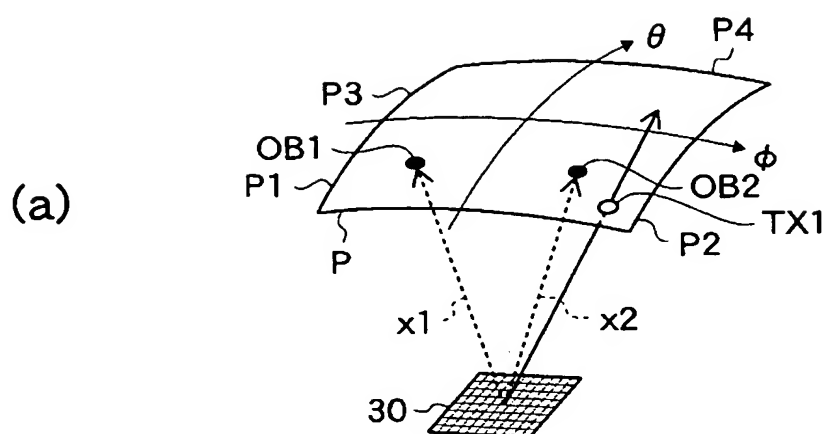
【図 19】



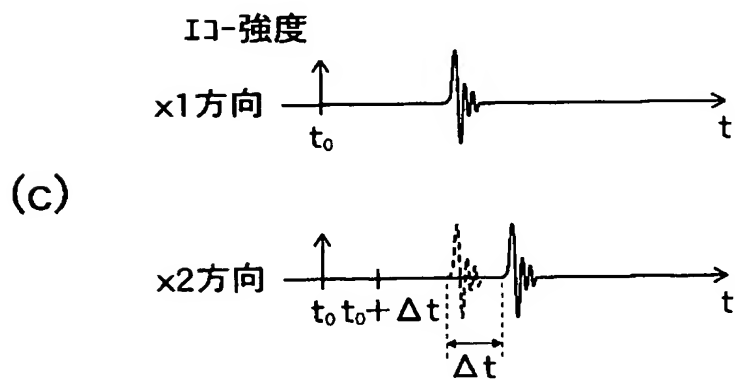
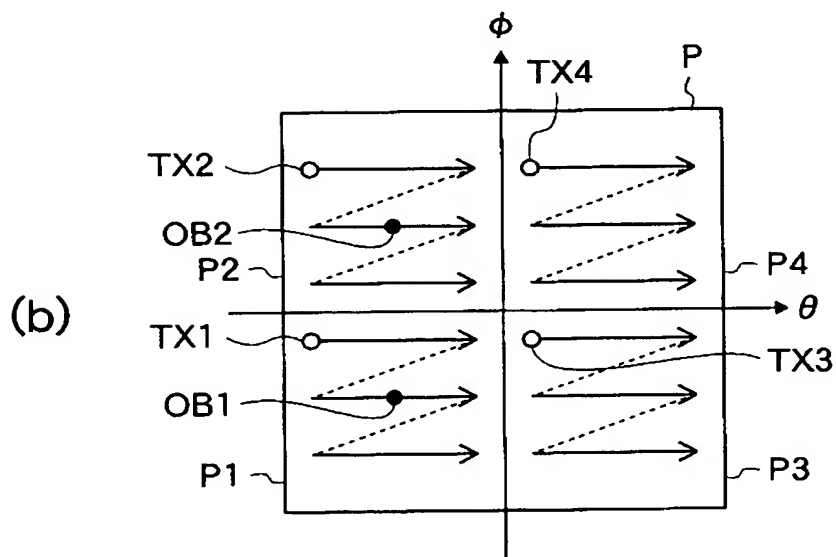
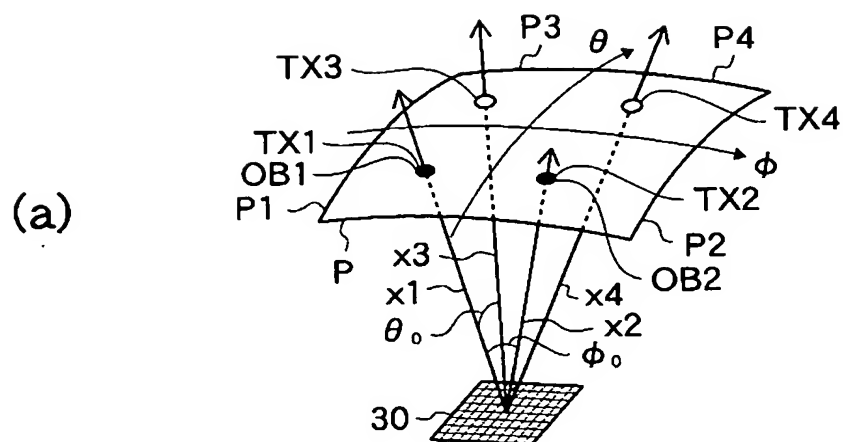
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 必要な情報を取得しつつ、被検体を高速に走査することができる超音波撮像装置等を提供する。

【解決手段】 この超音波撮像装置は、超音波ビームを形成して被検体に送信すると共に、被検体から反射される超音波エコーを受信する超音波用探触子10と、超音波用探触子に供給される複数の駆動信号に遅延を与えることにより、超音波用探触子から送信される超音波ビームによって、設定された走査線密度で被検体を走査させる発火タイミングコントローラ20と、超音波エコーの受信によって得られる複数の検出信号を処理することにより、複数の走査線に沿った超音波情報をそれぞれ表す複数の検出信号を得る位相整合演算部42と、位相整合演算部42によって得られた複数の検出信号に基づいて被検体内に存在する媒質の境界の連続性を判定する不連続領域判定部43と、前記発火タイミングコントローラに第1の走査線密度を設定した後に、不連続領域判定部43の判定結果に応じて第1の走査線密度よりも高い第2の走査線密度を設定する走査制御部44とを含む。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 8 3 1 7 6
受付番号	5 0 3 0 0 4 8 3 1 9 4
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 5 年 3 月 2 6 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 3月25日

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 8 3 1 7 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 0 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地

氏 名

富士写真フイルム株式会社